

Эволюция доменной структуры при локальном переключении поляризации в монокристаллах триглицинсульфата

А. П. Турыгин¹, М. С. Кособоков¹, О. М. Голицына², С. Н. Дрождин², В.Я. Шур¹

¹Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет УрФУ, 620000, Екатеринбург, Россия

²Воронежский Государственный Университет, Университетская пл. 1, Воронеж, 394000.
anton.turygin@urfu.ru

Триглицинсульфат (ТГС) является классическим водородсодержащим сегнетоэлектрическим материалом, который обладает высоким значением пьезоэлектрического коэффициента и широко используется для создания высокочувствительных инфракрасных приемников и детекторов [1,2]. ТГС представляет собой одноосный сегнетоэлектрик с моноклинной симметрией и сравнительно низкой температурой Кюри $T_C \approx 49^\circ\text{C}$. При сегнетоэлектрическом фазовом переходе пространственная группа меняется с $P2_1/m$ на полярную $P2_1$, а возникающая спонтанная поляризация P_s ориентирована вдоль оси b . Наличие плоскости спайности, перпендикулярной полярной оси, позволяет подготовить образцы с атомарно гладкой поверхностью достаточно большой площади для исследований с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

Недавно исследовалось локальное переключение поляризации проводящим зондом СЗМ [3–5]. Было выявлено формирование самоорганизованных субмикронных доменов в результате взаимодействия связанных зарядов и подвижных ионов на поверхности и сильной анизотропии кристалла [5]. Однако, рост изолированных доменов при локальном переключении поляризации до сих пор детально не исследован.

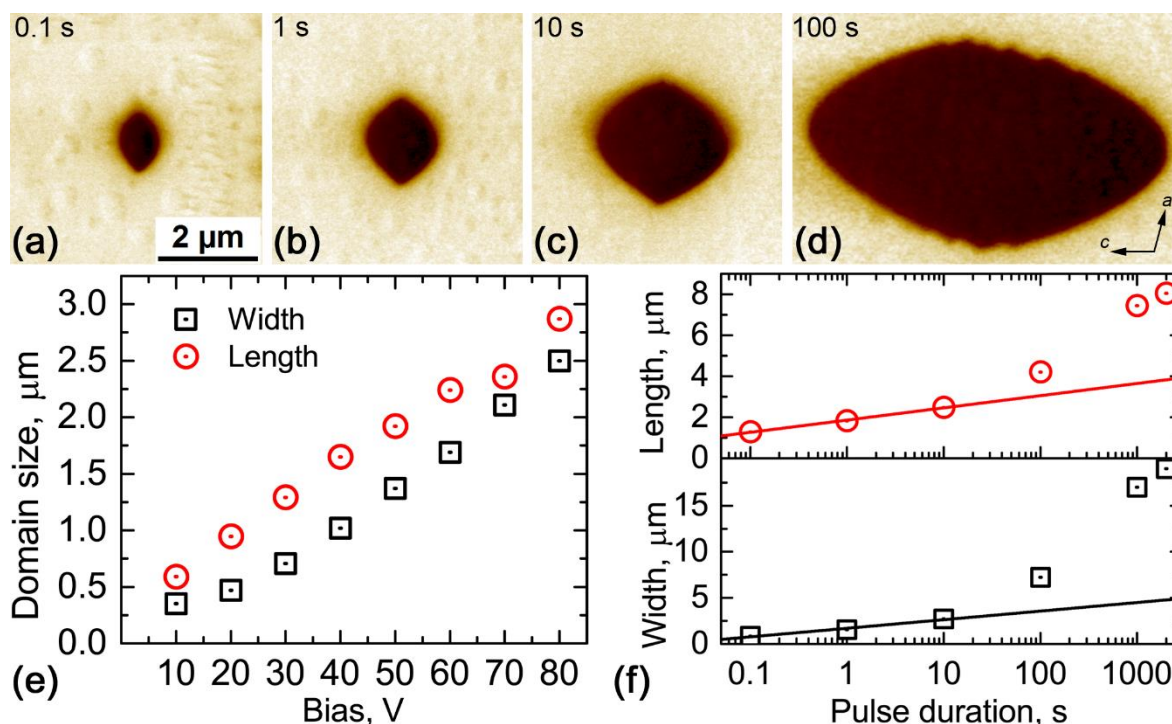


Рисунок 1. СМПО-изображения доменов после приложения импульса амплитудой 50 В и длительностью: (a) 0,1 с, (b) 10 с, (c) 100 с, и (d) 1000 с. Зависимости размеров домена от (d) напряжения (длительность 1 с) и (e) длительности (амплитуда 50 В).

Исследуемые кристаллы TGS были выращены на кафедре экспериментальной физики Воронежского Госуниверситета методом регулируемого понижения температуры от 66,6 до 39,2°C (с фазовым переходом в процессе роста) из трижды перекристаллизованной соли. Образцы для измерений размерами $5 \times 4 \times 0.5$ мм³ изготавливались раскалыванием по

плоскости спайности (010) бруска, вырезанного из пирамиды роста (110). Локальное переключение поляризации и визуализация доменной структуры производились методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) при помощи сканирующего зондового микроскопа Asylum MFP-3D. Для экспериментов использовались зондовые датчики NSC18 с титаново-платиновым проводящим покрытием (MikroMash, Эстония) с радиусом закругления зонда $R_{tip} = 35$ нм, резонансной частотой $f = 70$ kHz и жесткостью $k = 3,5$ Н/м. Сканирование производилось в режиме DART (Dual AC resonance tracking) с амплитудой модулирующего напряжения 0,5 В. Переключение производилось приложением одиночных прямоугольных переключающих импульсов длительностью от 0,1 до 2000 с и амплитудой от 10 до 80 В. Перед проведением локального переключения образцы выдерживались в течение 1 часа при 65°C и исследуемая область монодоменизировалась. Переключение производилось при комнатной температуре в атмосфере сухого азота.

Переключение приводит к формированию линзовидных доменов для импульсов длительностью менее 100 с (Рис. 1а-с). Ширина (вдоль направления c) и длина домена (перпендикулярно направлению c) линейно зависят от напряжения, как и в ниобате лития (LN) и танталате лития (LT) [6]. Вместе с тем существенно увеличивается отношение ширины к длине. Для импульсов длительностью более 10 с домены приобретают эллиптическую форму и наблюдается значительное обратное переключение (Рис. 1d) после окончания импульса.

Типичная для LN и LT логарифмическая зависимость размеров доменов от длительности импульса наблюдается только для линзовидных доменов, а для эллиптических доменов эта зависимость не выполняется (Рис. 3f).

Скорость доменной стенки рассчитывалась как производная зависимости размера домена от длительности импульса. Поле, создаваемое зондом СЗМ, рассчитывалось с помощью COMSOL. Полевая зависимость скорости доменной стенки для ширины домена подчиняется активационному закону:

$$v(E) = v_{\infty} \exp\left(-\frac{E_{ac}}{E - E_b}\right) \quad (1)$$

где $E_{ac} = 1,7$ кВ/мм - поле активации, $E_b = -0,2$ кВ/мм - поле смещения, $v_{\infty} = 0,85$ мкм/с - максимальная скорость стенки.

Полученные результаты представляют значительный интерес для дальнейшего развития методов доменной инженерии.

При проведении исследований использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант 19-12-00210).

1. R.B. Lal and A.K. Batra, *Ferroelectrics* **142**, 51 (1993).
2. P.J. Lock, *Appl. Phys. Lett.* **19**, 390 (1971).
3. H. Ma et al, *Adv. Electron. Mater.* **2**, 1600038 (2016).
4. H. Ma et al., *Appl. Phys. Lett.* **112**, 162903 (2018).
5. H. Ma et al, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **10**, 40911 (2018).
6. A. Agronin et al, *J. Appl. Phys.* **99**, 104102 (2006).